

## ヒメボクトウに対する性フェロモン剤を用いた交信かく乱の実証試験と ナシ生産者による効果の評価

中西友章・武知耕二・辻 雅人・遠藤隆行・\*徳永忠士・\*\*中牟田 潔  
(徳島県立農林水産総合技術支援センター・\*徳島県もうかるブランド推進課・  
\*\*千葉大学大学院園芸学研究科)

### Reduction of damages by *Cossus insularis* Staudinger in the Japanese pear orchard with continuous treatment of mating disruption and its consequences to the growers

By Tomoaki NAKANISHI, Kouji TAKECHI, Masato TSUJI, Takayuki ENDOU,  
\*Tadashi TOKUNAGA, \*\*Kiyoshi NAKAMUTA

(Tokushima Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Support Center; 1660 Ishii, Ishii, Tokushima 779-3233, Japan. \*Lucrative Brand Promotions Division, Tokushima Prefectural Government, 1-1 Bandai, Tokushima, Tokushima 770-8570, Japan. \*\*Department of Horticulture, Chiba University; Matsudo 648, Matsudo, Chiba 271-8510, Japan.)

#### Summary

This study investigated mating disruption of the carpenter moth, *Cossus insularis* (Lepidoptera:Cossidae) with a synthetic version of its sex pheromone in Japanese pear growing areas of Tokushima prefecture. In 2011-2017, the sex pheromone dispensers (Shin-Etsu Chemical Co., Ltd, Tokyo) were placed in small four orchards. Furthermore, in 2014-2017, they were placed in over large areas by growers' organizations. Therefore, we conducted a questionnaire survey to estimate growers' impression about the effects of mating disruption on the damages by *C. insularis*.

The attraction of male adults to pheromone traps was completely disrupted, and the new injury appeared to decrease by the treatment of synthetic pheromones. The percentage of damaged trees and the number of pupae per tree in the pheromone-treated orchard decreased over the course of the experiment. These results show that mating disruption with the sex pheromone in continuous annual treatment is promising for the reduction of damage by *C. insularis* in Japanese pear orchards.

A questionnaire survey to pear growers showed that approximately 80% of those who had treated mating disruptant to their own orchards replied that the damage was "decreased" and realized the control effect of mating disruption.

キーワード：ヒメボクトウ，性フェロモン剤，交信かく乱，ナシ

#### 緒 言

ヒメボクトウ（チョウ目ボクトウガ科）は、幼虫がニホンナシ（以下、ナシ）、リンゴなどの枝幹内に集団でせん孔し、複雑な坑道を作ることから、

樹の衰弱や枯死を招く、難防除害虫として知られている（中西，2005；伊藤，2010；中牟田ら，2010；田口，2012）。徳島県のナシ園では、2001年頃から被害が見られ、ナシ産地の生産性を阻害する要因となった（遠藤・中西，2014）。

本種の性フェロモンは、Chen et al. (2006) によって明らかにされている。そして、ナシ、リンゴの本種の被害園において、合成性フェロモンを用いた交信かく乱剤（以下、性フェロモン剤）の処理により、被害が低減されることが報告されており（Nakanishi et al, 2013; Hoshi et al., 2016; 高部ら, 2016), 2015年3月にコッシンルア剤（商品名：ボクトウコン®-H）が実用化（農薬登録）された。これらの報告は、10a~180a のほ場においてコッシンルア剤を3年間継続して処理して得られた結果である。そこで、本研究ではコッシンルア剤の処理を7年間継続的に実施した現地試験の結果を報告するとともに、ナシ産地において生産者団体が本剤の処理を広域で実施したので、当該ナシ生産者を対象にヒメボクトウの被害と本剤の評価についてアンケート調査を実施した結果についても報告する。なお、本報告は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「リンゴ、ナシ産地を蝕む『ヒメボクトウ』に対する複合的交信かく乱防除技術の開発」（2011年~2013年、課題番号：23060）の結果を含んでいる。

## 材料および方法

### 1. 交信かく乱のための性フェロモン剤

供試したヒメボクトウ用性フェロモン剤は、E 3-tetradecenyl acetate と Z3- tetradecenyl acetate の80:20混合物を充填したディスペンサー（高密度ポリエチレンチューブ、長さ20cm、信越化学工業株式会社製）を使用した。コッシンルア剤は、棚面の高さ約1.5mとなるようにナシの枝に吊るし、10a 当たりの処理本数を100本とした。成虫が6月中旬から8月中旬の間に発生すること（中西, 2005; 中西ら, 2009; 中西ら, 2015）から、コッシンルア剤は6月上旬に設置した。

### 2. 試験区と広域処理の面積

2011年から2013年の3年間、徳島県板野郡松茂町と北島町のナシ園にコッシンルア剤処理区（以下、処理区）と対照区を4園（Table.1）設けた。対照区は、処理区から直線距離で50m から200m 離れた同じ生産者が管理する園とした。さらに、2014

Table 1. Details of Japanese pear orchards used in the present study

Orchard	Experimental Area	Location		Area (a)	Variety of Japanese pears planted
A	Treated	N34° 8' 28"	E134° 34' 19"	14	Kosui, Hosui
	Control	N34° 8' 25"	E134° 34' 21"	5	Kosui
B	Treated	N34° 7' 52"	E134° 32' 50"	18	Kosui, Hosui
	Control	N34° 7' 58"	E134° 32' 52"	7	Kosui, Hosui
C	Treated	N34° 8' 31"	E134° 33' 55"	6~10 <sup>a</sup>	Kosui
	Control	N34° 8' 37"	E134° 33' 59"	10	Kosui
D	Treated	N34° 8' 52"	E134° 34' 0"	18	Kosui
	Control	N34° 8' 51"	E134° 34' 5"	12	Kosui

All trees were trellis-trained.  
Treated: Number of Dispensers was 100/10a.  
a: 2011~2012, 10a: After 2013, 6a.

年から2017年の4年間については、これらの園に加え、近隣のナシ園を含めた広範囲において、コッシンルア剤の処理を実施した。当該地域は、鳴門市とその近隣の板野郡松茂町、北島町、藍住町、および板野町にまたがる旧吉野川に沿って開けた平坦な地域（Fig.1）で、これまでに筆者らによって、ヒメボクトウの被害が広い範囲で確認されている（中西, 2005; 中西ら, 2009; 遠藤・中西, 2014）。なお、2014年以後は、処理面積が広範囲に及ぶため、コッシンルア剤は生産者によって処理された。その処理面積は、2014年100ha, 2015年56ha, 2016年39ha, 2017年48haであった。

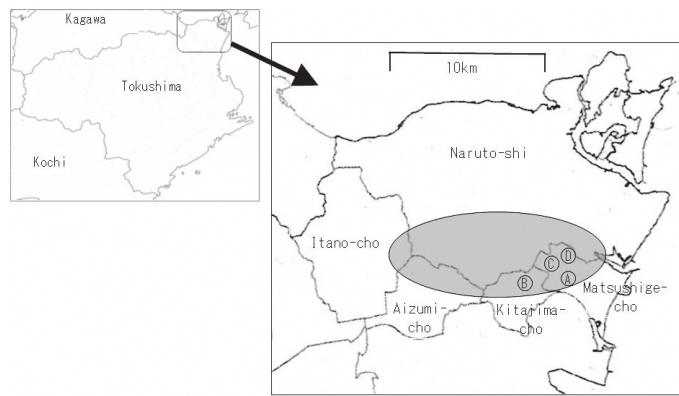


Fig.1 Location of occurrence of *Cossus insularis*.

Gray oval indicate area of occurrence.

Alphabet in a circle indicates the location of the studied orchard.

本試験に用いたナシ園は慣行の薬剤防除管理が行われており、各園とも処理区と対照区の管理は同等であった。なお、C園の処理区については、2013年に道路拡張工事にともない面積が10a から6a に減少した。

なお、本種による被害は幸水に見られるが、豊

水には殆ど見られないこと（中西，2005）から、調査対象樹は幸水のみとした。

### 3. 合成性フェロモンを用いたモニタリングトラップへの誘引調査

Chen et al. (2006) によって、合成フェロモンを用いたトラップに本種の雄成虫が強く誘引されることが明らかになっていることから、コッシンルア剤処理の誘引阻害効果をフェロモントラップへの誘殺数により調べた。2011年から2013年の6月上旬から9月上旬に、各園において、前述の合成フェロモン1mgをゴムキャップに含浸させたルアーを取り付けたモニタリングトラップ（SEトラップ<sup>®</sup>，サンケイ化学株式会社製；以下、フェロモントラップ）3台を設置した。その設置場所は、園の外縁を避け、中央に1台を設置し、その両側に10m以上離して、高さ約1.5mの枝から吊した。調査期間中は3日から5日毎に誘殺された雄成虫数を調査した。なお、フェロモントラップのルアーは30日毎に交換した。

### 4. 新規食入被害調査

2011年から2013年の3年間、コッシンルア剤を処理した当年の交尾、産卵阻害効果を評価するため、中西ら（2015）、高部ら（2016）に準じ、孵化した幼虫により細かな木屑が排出されている新規食入箇所数を調査した。各園の処理区と対照区において、8月下旬から9月上旬に全樹の幹および枝について、新規食入箇所と樹上に残された蛹殻を目視により数え、蛹殻は調査毎に取り除いた。そして、新規食入箇所数を蛹殻数で除して、蛹当りの新規食入箇所数を算出した。

### 5. 被害樹率と蛹殻数の調査

2011年から2017年までの7年間については、A園、B園、C園の処理区と対照区において、全樹を対象に6月にフラスの排出の有無を調査し、被害樹率を算出した。また、8月下旬から9月上旬に樹上に残された蛹殻を数え、蛹殻は調査毎に取り除いた。そして、蛹殻数を調査樹数で除して、樹当たりの蛹殻数を算出した。

D園では前述の新規食入被害調査において、本

種の被害および蛹殻が見られなかったことから、本調査を省いた。

### 6. ナシ生産者に対するヒメボクトウの被害とコッシンルア剤による防除に関するアンケート調査

ナシ生産者に対するアンケート調査は、本地域でコッシンルア剤が初めて広域に処理された2014年から3年経過した2017年3月に実施した。

アンケートは、主産地である鳴門市、松茂町で開催されたJAのナシ生産部会の講習会に参加したナシ生産者に対して実施した。これら市町のナシ園の多くは、ヒメボクトウが発生している旧吉野川近縁に分布している。ヒメボクトウによる被害とコッシンルア剤に関する質問事項は下記のとおりである。なお、無回答（未記入）のデータは集計から除いた。

- 1) コッシンルア剤を使用したことがありますか？  
I ある II ない
- 2) ヒメボクトウの被害の状況を2～3年前と比べ回答してください。  
I 減った II 変わらない III 増えた  
IV わからない
- 3) コッシンルア剤の効果はあったと思いますか？  
I ある II ない III わからない

## 結 果

### 1. フェロモントラップへの誘引調査

誘殺があった調査日におけるトラップ当たりの雄成虫数を Fig.2 に示した。

処理区では、フェロモントラップに雄成虫がほとんど誘殺されなかったのに対し、対照区では、雄成虫が誘殺され、特に中発生のB園、多発生のC園の対照区では、多数誘殺された。これを統計解析した結果、誘殺数の少なかった2013年のA園を除き、各年各園とも、コッシンルア剤処理区と対照区の間には有意な差が認められた（Welchのt検定  $p < 0.05$ ）。

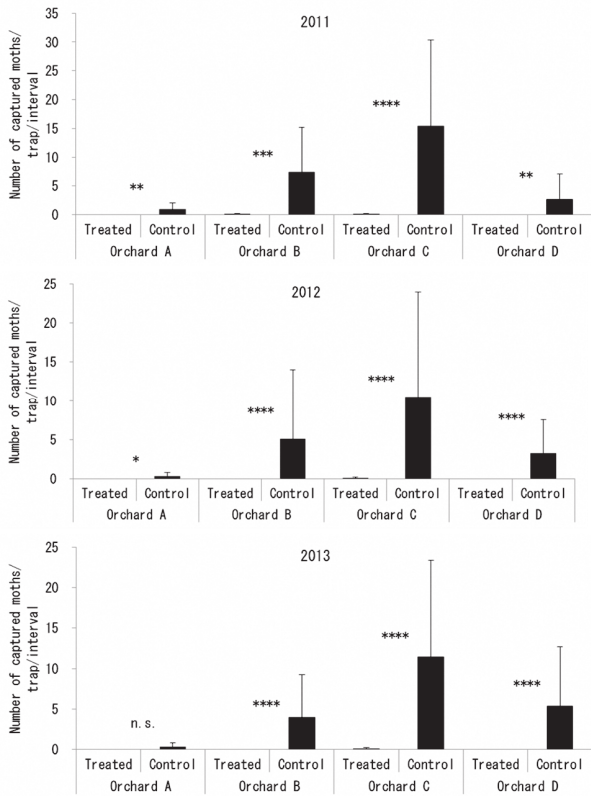


Fig. 2. Number of captured male moths (Mean/trap  $\pm$  SE) by the traps placed in the pheromone-treated and untreated orchard.

Welch's *t*-test: \*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ , \*\*\*,  $p < 0.005$ , \*\*\*\*,  $p < 0.001$ , n.s., not significant  $p > 0.05$ .

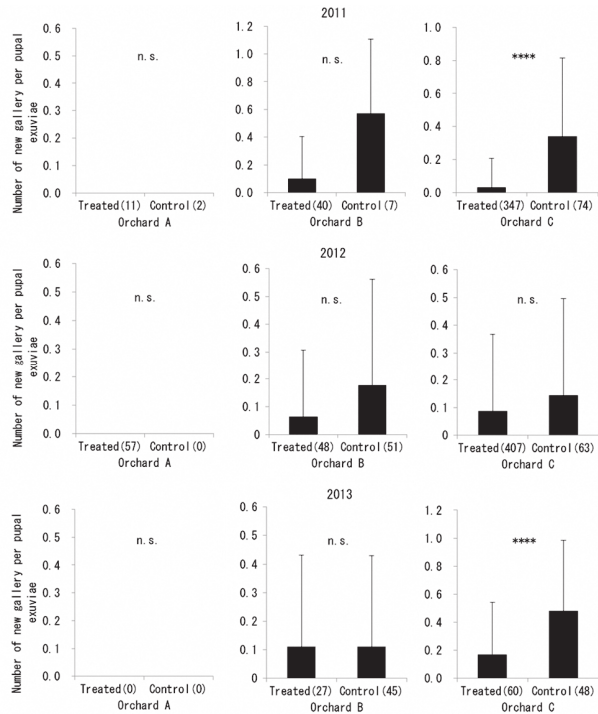


Fig. 3. Number of new frass-covered galleries with 1st instar larvae on branches in the pheromone-treated and untreated orchard.

Welch's *t*-test: \*,  $p < 0.05$ , \*\*\*\*,  $p < 0.001$ , n.s., not significant  $p > 0.05$ .

Number of pupal exuviae was shown in parentheses.

Bars indicate standard errors.

## 2. 新規食入被害調査による評価

蛹殻当りの新規食入箇所数を Fig.3 に示した。

少発生 of A 園においては, 処理区, 対照区ともに新規食入箇所が見られなかった。中発生 of B 園においては, 蛹殻当たりの新規食入箇所数は, 2011年, 2012年では, 処理区が対照区より少ないものの, 有意な差は認められず, 2013年では, 同程度であった (Welch の *t* 検定,  $p > 0.05$ )。また, B 園では, 各年各区とも新規食入箇所の多くが外周部の樹に見られた。多発生 of C 園では, 蛹殻当たりの新規食入箇所は, 2011年と2013年において処理区が対照区より, 有意に少なかった (Welch の *t* 検定,  $p < 0.001$ ) が, 2012年は処理区が対照区より少ないものの, 有意差は認められなかった (Welch の *t* 検定,  $p > 0.05$ )。

極少発生 of D 園は, 各年各区ともに蛹殻も新規食入箇所も見られなかった。

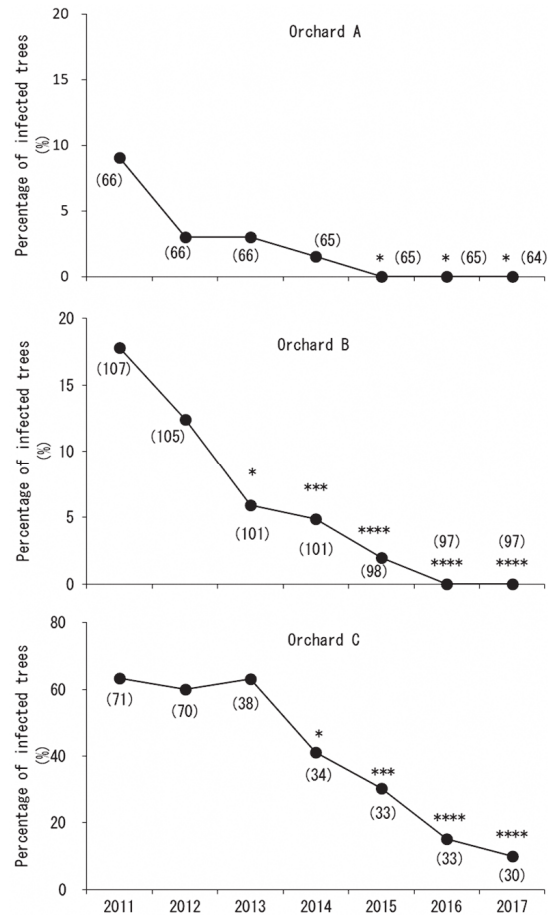


Fig.4 Percentage of damaged trees caused by *Cossus insularis* larvae.

Asterisks indicate significant differences between Jun 2011 and each of the other years (Fisher's exact test: \*,  $p < 0.05$ ; \*\*\*,  $p < 0.005$ ; \*\*\*\*,  $p < 0.001$ ).

Number of investigated tree was shown in parentheses.



### 3. 被害樹率と蛹殻数の推移

2011年から2017年までの被害樹率の推移を Fig.4 に示した。A 園では、2011年に9.1%であった被害樹率は年々減少し、2015年以降は被害樹が見られなくなった。B 園では、2011年に17.8%であった被害樹率は年々減少し、2016年には被害樹が見られなくなった。C 園では、2011年に63.4%であった被害樹率が、交信かく乱を開始して4年目から被害が減少し、2017年には10.0%まで低下した。

樹当たりの蛹殻数を Fig.5 に示した。A 園では、樹当たりの蛹殻数は2011年の0.17から2012年0.88に増えたが、翌年は蛹殻が見られなくなり、2015年以降蛹殻は見られなくなった。B 園では、樹当たりの蛹殻数は2011年0.37であったが、交信かく乱3年目に0.27と減少し、2016年以降蛹殻が見られなくなった。

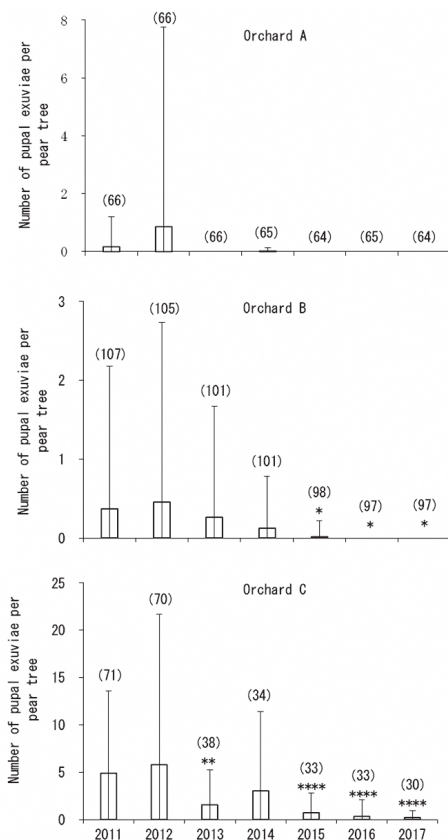


Fig.5. Number of pupal exuviae of *Cossus insularis* per pear tree.

Asterisks indicate significant differences between 2011 and each of the other years.

Welch's *t*-test: \*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ , \*\*\*\*,  $p < 0.001$ .

Number of investigated tree was shown in parentheses.

C 園では、樹当たりの蛹殻数は2011年に5.81であったが、交信かく乱3年目に1.58と減少し、2015年以後は低密度で推移した。

### 4. ナシ生産者に対するヒメボクトウの被害とコッシンルア剤による防除に関するアンケート結果

アンケート回答者は33人で、このうちの81.8% (27人) が、コッシンルア剤を使用したことがあると回答した (Fig.6)。

コッシンルア剤を使用したことのある人において、ヒメボクトウの被害が2~3年前に比べ、「減った」の回答が81.5% (22人), 「変わらない」が7.4% (2人), 「増えた」が7.4% (2人), 「わからない」が3.7% (1人) であった。本剤の防除効果については81.5% (22人) が「ある」、一方「ない」が3.7% (1人) であった。

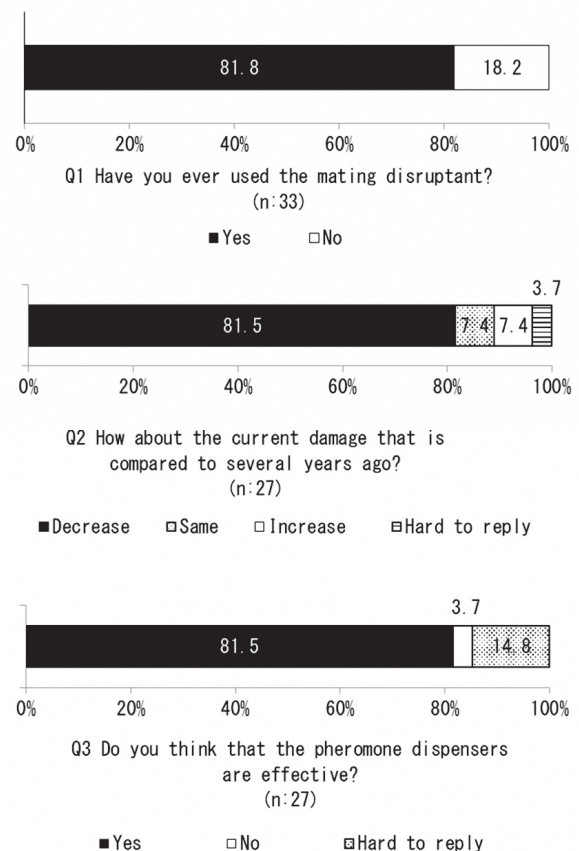


Fig.6. A questionnaire survey to growers of their impression about the damage by carpenter moth, *Cossus insularis* in Naruto and Matsusige, Tokushima Prefecture, Japan (March 2017). Number of growers (n) of Q2 and Q3 was limited to the users of the mating disruptant.

## 考 察

フェロモントラップ調査の結果から、ナシ園におけるコッシンルア剤の100本/10a処理は、雄成虫に対する高い誘引阻害効果のあることが確認された。

少発生のあるA園で処理区、対照区ともに、新規食入被害が見られなくなった要因として、A園内の本種の密度が、交信かく乱によって低下したことに加え、近隣にナシ園やヤナギ類などのヒメボクトウの寄主植物は見られないことから、移入による産卵もなかったためと考えられる。

B園では、新規食入箇所が多くがナシ園の外縁部の樹に見られた。ハスモンヨトウやニカメイガでは、成虫に対する交信かく乱効果が、防除効果に結びつかなかった要因として、周囲からの既交尾雌の移入による産卵が示唆されている(小山ら, 1978; 北村ら, 1985; 田付, 1986; 田中ら, 1987)。本試験結果においても、処理区の外側から移入した既交尾雌による産卵が影響した可能性があり、これによって処理区と対照区の間における新規食入数の差が判然としなかったものと考えられる。

多発生のあるC園の処理区において、蛹当りの新規食入箇所は対照区より少ない傾向が見られたことは、コッシンルア剤100本/10aの処理が交信かく乱による次世代発生の抑制効果を示したものと考えられる。リンゴでは、本剤の100本/10a処理の有効性が確認されている(Hoshi et al., 2016; 高部ら, 2016)ことから、ナシ園でもリンゴ園と同等の100本/10aにおいて、防除効果が確認できた。しかし、一定程度の新規食入箇所が見られたことから、今後は多発生園におけるコッシンルア剤の処理本数の検討が望まれる。

このようにヒメボクトウにおいて交信かく乱の被害低減効果が高いのは、コッシンルア剤の交尾阻害効果が非常に高いためと考えられる。すなわち、本種では性フェロモンによる交信かく乱処理によるつなぎ雌の交尾率は0%まで抑制された(Nakanishi et al, 2013)が、ニカメイガ(田中ら, 1987)やナシヒメシンクイ(Stelinski et al, 2005)、コドリガ(Epstein et al, 2011)では、そこまで抑制されない。さらに、ヒメボクトウの未交尾雌

雄成虫1対を直径19cm, 厚さ14cmの網カゴ内に閉じ込めて、交信かく乱園と無処理園に一晩設置し、翌朝に交尾率を調べたところ、無処理園では87%が交尾したのに対し、交信かく乱園では交尾率が34%まで低下した(Hoshi et al, 2016)ように、交尾阻害効果が顕著である。

性フェロモン剤による交信かく乱は、より確実な防除効果を得るためには、広域で実施することが推奨されている(若村, 1993; Cardé and Minks, 1995; Witzgall et al., 2010; 望月・澁谷, 2012)。本研究では7年間処理を続けることによって、各園とも被害樹率と蛹殻数は減少しており、少発生園、中発生園では処理2年目から被害樹率は低下し、多発生園では、4年目から被害樹率が低下して、その後、再び増えることはなかった。このことは、生活史の長い本種(中牟田ら, 2007; Nakanishi et al, 2017)に対して交信かく乱を連年実施したことと2014年からの広域処理が、被害の減少傾向に寄与したものと考えられる。

横山ら(2015)は、成虫発生盛期の7月中旬と孵化最盛期の8月初旬にジアミド剤を手散布することによりヒメボクトウの被害の抑制効果を確認しているが、スピードスプレーヤ(以下、SS)での散布は、散布ムラにより効果が十分発揮されない可能性があることを指摘している。本地域のナシ園の慣行防除では、ジアミド剤を主にナシヒメシンクイ対象として7月中旬から8月初旬に1~2回、SSで散布している。また、本地域では、被害枝の伐採処分や一部で昆虫寄生性線虫剤(商品名: バイオセーフ)の処理なども行われている。これらが、ヒメボクトウの被害軽減にはある程度影響していると考えられるが、一方で、今回のナシ生産者へのアンケートの結果、コッシンルア剤を使用したことのある人の8割がヒメボクトウの被害が「減った」、併せて、コッシンルア剤の防除効果が「ある」と回答していることから実際にコッシンルア剤を使用したナシ生産者の判断から、交信かく乱による防除効果が広く認められた。このことから、コッシンルア剤の広域処理の効果が、当地域でのヒメボクトウの被害軽減に大きく寄与しているものと考えられる。

一般的に効果的な防除技術であっても、その効

果以上にコストが高ければ、普及は困難である。コッシンルア剤の価格は約3,000円/10aであり、徳島県の農業経営指標ナシ（幸水）における農薬費約110,000円/10a（高度専門技術支援担当・鳴門藍住農業支援センター，2009）の3%未満であることから、経営的な面でも普及性はあると考えられる。

本地域ではヒメボクトウの被害の減少にともなって、コッシンルア剤の処理面積が減少傾向にある。しかしながら、減少したものの被害は見られることから、コッシンルア剤の交信かく乱剤の効果をより確実に発揮させるために広域処理を継続することが、望まれる。加えてジアミド剤の散布、被害枝の伐採処分や昆虫寄生性線虫剤の樹幹注入などと組み合わせて総合的な防除に取り組むことにより、本地域での本種の被害の早期根絶が期待される。

## 摘 要

徳島県内のヒメボクトウが発生しているナシ産地において、コッシンルア剤を用いた交信かく乱試験を行った。2011年から2017年までコッシンルア剤を処理した小面積の試験区を設けた一方、2014年から2017年まで生産者団体協力のもと本地域で広域処理が実施されたので、その防除効果について圃場で調査を行うとともに生産者に対してアンケート調査を実施した。

フェロモントラップ調査により、処理区において雄成虫に対する高い誘引阻害効果が確認された。また、目視調査により、新規食入箇所は多発園において処理区が対照区に比べ少ないことを確認した。加えて、連年処理により、処理区では、被害樹率と樹当たりの蛹殻数は減少傾向を示した。これらのことから、コッシンルア剤の7年間の連続処理により、交信かく乱の高い防除効果が認められたといえる。

ナシ生産者に対するアンケート調査の結果、コッシンルア剤を使用した人の8割は、本種の被害が「減った」と回答し、コッシンルア剤に防除効果が「ある」と回答した。これらのことから、実際に使用したナシ生産者の判断からもその防除効果が広く認められた。

## 謝 辞

本研究において、コッシンルア剤をご提供いただいた信越化学工業株式会社ならびに試験にご協力いただいた徳島県立農林水産総合技術支援センターの高度技術支援課、資源環境研究課および鳴門藍住農業支援センターの関係諸氏、JA 大津松茂、JA 徳島北、JA 板野郡の関係諸氏およびナシ生産者の方々に厚くお礼申し上げます。

## 引 用 文 献

- Cardé R.T. and A.K. Minks (1995) : Control of moth pests by mating disruption: successes and constraints. *Annu. Rev. Entomol.*, 40: 559~585.
- Chen, X., K.Nakamuta, T.Nakanishi, T. Nakashima, M.Tokoro, F.Mochizuki and T. Fukumoto (2006) : Female sex pheromon of a carpenter moth, *Cossus insularis* (Lepidoptera: Cossidae). *J. Chem. Ecol.*, 32:669~679.
- 遠藤隆行・中西友章 (2014) : 普及現場の最前線 難防除枝幹害虫「ヒメボクトウ」の交信かく乱技術の現地実証とナシ産地の維持. *近中四農研*, 25:44~46.
- Epstein, D.L., L. L. Stelinski, J. R. Miller, M. J. Grieshop, and L. J. Gut (2011) : Effects of reservoir dispenser height on efficacy of mating disruption of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in apple. *Pest Manag. Sci.* 67:975~979.
- Hoshi, H., M.Takabe and K.Nakamuta (2016) : Mating disruption of a carpenter moth, *Cossus insularis* (Lepidoptera: Cossidae) in apple orchards with synthetic sex pheromone, and registration of the pheromone as an agrochemical. *J. Chem. Ecol.*, 42:606~611.
- 伊藤慎一 (2010) : リンゴのヒメボクトウに対する昆虫寄生性線虫スタイナーネマ・カーポカプサエ剤の防除効果. *北日本病虫研報*, 61:215~219.
- 北村實彬・小林正弘・小山重郎 (1985) : 合成性フェロモンを用いたハスモンヨトウの防除. 九



- 州農試年報, p54~57.
- 高度専門技術支援担当・鳴門藍住農業支援センター (2009): ナシ (幸水). 農業経営指標 平成20年度版 (高度専門技術支援担当ら編), 徳島県立農林水産総合技術支援センター, 徳島: 240~242.
- 望月文昭・澁谷達明 (2012): 匂いで害虫をコントロールする - 性フェロモンかく乱剤による防除 -. フレグランスジャーナル社, 東京, 156pp.
- 中牟田潔・Xiong Chen・北島 博・中西友章・吉松慎一 (2007): 日本産ボクトウガ科 *Cossus* 属3種の生態. 森林防疫, 56: 5~9.
- 中牟田潔・伊藤慎一・佐々木正剛・中西友章・南島 誠 (2010): 新たな果樹害虫としてのヒメボクトウ. 植物防疫, 64: 1~3.
- 中西友章 (2005): 日本ナシで初めて確認されたヒメボクトウの発生. 応動昆, 49: 23~26.
- 中西友章・中牟田潔・望月文昭・兼田武典 (2009): ヒメボクトウの羽化消長調査へのフェロモントラップの利用. 四国植防, 44: 23~27.
- 中西友章・兼田武典・徳永忠士 (2015): ヒメボクトウ (チョウ目: ボクトウガ科) の徳島県における孵化時期の推定. 応動昆, 59: 163~170.
- Nakanishi, T., K. Nakamuta, F. Mochizuki and T. Fukumoto (2013): Mating disruption of the carpenter moth, *Cossus insularis* (Staudinger) (Lepidoptera: Cossidae) with synthetic sex pheromone in Japanese pear orchards. J. Asia-Pac. Entomol., 16: 251~255.
- Nakanishi, T., T. Kaneda and K. Nakamuta (2017): Effects of temperature on the development and circannual control of pupation in the carpenter moth, *Cossus insularis* (Lepidoptera: Cossidae), reared on an artificial diet. Appl. Entomol. Zool., 52: 29~35.
- 小山光男・若村定男・滝川 昇・釜野静也・岡田 齊夫・三田久男・岡田忠虎・平井一男 (1978): 合成性フェロモンとウイルスを組合せたハスモンヨトウの防除. 応動昆, 22: 269~280.
- Stelinski, L.L., L. J. Gut, R. E. Mallinger, D. Epetein, T. P. Reed, and J. R. Miller (2005) Small plot trials documenting effective mating disruption of Oriental fruit moth by using high densities of wax-drop pheromone dispensers. J. Econ. Entomol., 98: 1267~1274.
- 田口茂春 (2012): ニホンナシのヒメボクトウに対する昆虫寄生性線虫 (スタイナーネマ・カーボカプサエ) 剤の改良樹幹注入処理法の防除効果. 北日本病虫研報, 63: 218~222.
- 高部真典・伊藤慎一・中牟田潔 (2016): リンゴ園に設置した性フェロモン剤のヒメボクトウ被害低減効果の検証. 北日本病虫研報, 67: 193~196.
- 田中福三郎・矢吹 正・田付貞洋・積木久明・菅野紘男・服部 誠・臼井健二・栗原政明・内海恭一・深見順一 (1987): 交信攪乱法によるニカメイガの防除. 応動昆, 31: 125~133.
- 田付貞洋 (1986): 交信かく乱法によるニカメイガの防除 (性フェロモンによる交信かく乱<特集>). 植物防疫, 40: 67~72.
- 若村定男 (1993): 性フェロモン防除法の適用条件. 植物防疫, 47: 499~502.
- Witzgall P., P. Kirsch and A. Cork (2010): Sex pheromones and their impact on pest management. J. Chem. Ecol., 36: 80~100.
- 横山朋也・佐藤信輔・鹿島哲郎 (2015): ナシ栽培ほ場における殺虫剤の複数年処理によるせん孔性害虫ヒメボクトウ (チョウ目: ボクトウガ科) 被害の減少. 応動昆, 59: 171~181.